(١) الأزوت والزراعة

للدكتور على حسن عجيزة
أستاذ مساعد بقسم الأراضى فى كلية الزراعة
بجامعة القاهرة

١ — مصادر الأزوت

تأخذ النباتات من الأرض عناصر معينة أساسية لنموها ، ولا تعتبر الأرض خصبة أومنتجة ما لم تحتو على مدخر من هذه العناصر بحيث تكون فى متناول النبات عند الحاجة إليها . وباستغلال الأراضى فى الزراعة تستهلك النباتات جزءاً من هذه العناصر سنة بعد أخرى ، وبإزالة هذه النباتات واستخدامها بعيداً عن الأرض الزراعية تفتقر الأرض - ولو بعد مرور زمن طويل - إلى بعض هذه العناصر ولا تكون لها القدرة على إمداد النباتات بما يكفيها من هذه العناصر لتنتج غلات ملائمة .

حقيقة إن الأرض الزراعية تحتوى على كميات هائلة من مختلف العناصر الغذائية ، إذا قيست بالكميات التى يمتصها النبات منها ، ولكن هناك بعض العناصر التى يلزم أن توجد بكميات كبيرة إلى حد ما وبصورة صالحة للامتصاص حتى يمكن إنتاج محاصيل كبيرة ، والسبب فى ذلك راجع إلى أن النباتات تستهلك منها مقادير كبيرة نسبياً ، والأزوت يحتل المركز الأول بين هذه العناصر ، ويليه فى ذلك الفسفور والبوتاسيوم .

ولما كان الأزوت من أهم مكونات البروتوبلازم فى الخلية الحية ، فإن البروتوبلازم لا يمكن أن يتكون فى غير وجود هذا العنصر ، ومن ثم فإن عمليات النمو وبناء الأنسجة تكون مستحيلة مالم يكن الأزوت متوافراً . ومن ناحية الإنتاج الزراعى نرى أن الارتباط وثيق بين كميات المحصول وبين كميات الأزوت الموجودة بالأرض .

ومما يدعو إلى العجب أن تكون الأراضى مفتقرة إلى عنصر الأزوت للأغراض

الزراعية ؛ مع أن الهواء الجوى لمغلف للقشرة الأرضية يقدر بنحو ٥٣٠٠ مليون مليون طن ، ويقدر الأزوت فيها بنحو ٤٠٠٠ مليون مليون طن ، ولكن الصعوبة مرجعها أن الأزوت الجوى موجود فى صورة حـــرة Free Nitrogen وليس متحداً اتحاداً كيماوياً مع أى عنصر آخر ، بينما لايستطيع النبات أن يمثل الأزوت إلا إذا كان فى اتحاد كيماوى ، أو كما يقول الكيماويون « أزوت مثبت » Fixed Nitrogen فمشكلة الأزوت ليست فى الحصول على عنصر الأزوت ، إذ أنه موجود بكثرة هائلة ، ولكن الصعوبة الحقيقية هى فى كيفية الحصول على الأزوت المثبت أو فى إيجاد طريقة سهلة اقتصادية لتثبيت الأزوت .

ويمكن تلخيص المصادر المختلفة التى تمكن الإفادة بالأزوت منها الأغراض الزراعية فيما يلى :

١ — المركبات الأزوتية التى يحملها ماء المطر .

٢ — الأزوت المثبت بالطرق الحيوية Biological Methods. :

وأهم وسائل التثبيت هى :

(ا) الكائنات الحية الدقيقة التى تعيش عيشة مستقلة Free Living Organisms:

(ب) البكتيريا العقدية التى تعيش على جذور النباتات البقولية Lueumenous Nodule Bacteria :

٣ — الأسمدة العضوية ، وهذه تشمل :

(ا) سماد الاصطبل

(ب) سماد القمامة

(حـ) إفرازات الإنسان .

٤ — المخلفات العضوية المحتوية على نسبة مرتفعة من الأزوت ، وهـــذه تنقسم إلى قسمين :

(ا) مخلفات طبيعية مثل الجوانو .

(ب) مخلفات صناعية نباتية أو حيوانية ، مثل كسب المحاصيل الزيتية ، ومخلفات المذابح ، ومصانع الأسماك وحفظ اللحوم ، ودباغة الجلود ، وصناعة الأنسجة الصوفية والحريرية .

٥ — أملاح النترات المستخرجة من مصادر طبيعية :

(ا) نترات الصوديوم .

(ب) نترات البوتاسيوم .

٦ — الأملاح النشادرية التى تحضر كنواتج ثانوى لصناعة تقطير الفحم الحجرى وغيرها .

٧ — الأزوت الممكن تثبيته بطرق صناعية ، كما فى صناعة الأسمدة .

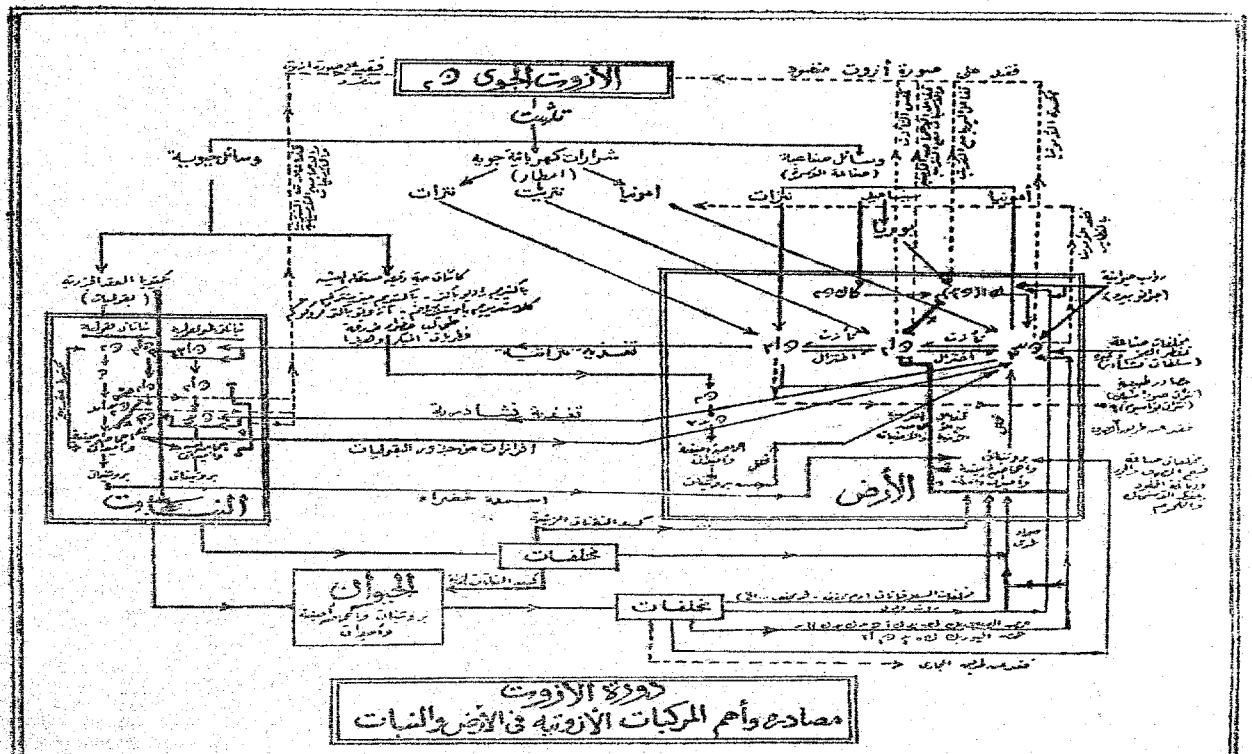
ومما لا شك فيه أن المصدر الأساسى للأزوت فى جميع هذه المركبات هو الأزوت الجوى ، ذلك أن المركبات الأزوتية ليست فى حالة ساكنة Static ولكنها فى حالة متحركة Dynamic . فبينما يكون الأزوت فى صورة معينة فى الأنسجة النباتية حيناً فإنه ينتقل إلى جسم الحيوان الذى يتغذى على النباتات المحتوية على هذا العنصر ، وقد ينتقل إلى جسم البكتيريا فى الأراضى الزراعية ، وقد يخرج إلى الهواء الجوى كعنصر حر من جديد ، وقد يعاد تثبيته بأحد الطرق الحيوية أو الصناعية .

وهكذا يدخل الأزوت فى دورة يمكن توضيحها (بالشكل رقم ١)

وسنتناول فيما يلى أهم المصادر المختلفة من ناحية تأثيرها فى الإنتاج الزراعى .

١ — المركبات الأزوتية التى تحملها الأمطار إلى الأرض

يحمل ماء المطر كميات متفاوتة من المركبات الأزوتية أهمها النترات والنتريت والأمونيا . وقد أجريت كثير من المحاولات لتقدير كمية الأزوت المثبت التى تحمله الأمطار إلى الأرض فى كل سنة بكثير من المناطق المناخية ، والجدول رقم ١ يبين كميات الأزوت المثبت التى تحملها الأمطار لكل ايكر :


الأزوت الجوى
تثبيت
وسائل حيوية
شرارات كهربائية جوية
(امطار)
نترات
نتريت
امونيا
وسائل صناعية
(صناعة الاسمدة)
نترات
امونيا
كائنات حية دقيقة مستقلة التغذية
تغذية ذاتية
تغذية غيرية
افرازات مواد حاوية على النيتروجين
اسمدة خضراء
مخلفات
مخلفات
النبات
الحيوان
الأرض
دورة الأزوت
مصادر وأهم المركبات الأزوتية في الأرض والنبات

شكل رقم (١)

الجدول رقم ١ يبين كميات الأزوت بالرطل التي تحملها الأمطار لكل إيكر فى مناطق مختلفة

محطة القياس	مقياس المطر بالبوصة	كمية الأزوت بالرطل التي تحملها الأمطار سنوياً لكل ايكر		
		فى صورة أمونيا	فى صورة نترات	المجموع
رثهامستد (بريطانيا)	٢٧	٢و٧	١و١	٣,٨
كوبنهاجن (دانيمارك)	٢٢	٩و٢٧	٢و٢١	١١,٤٨
جيشن وفيهنستيفان	ألمانيا ؟	—	—	١٥
ايثاكا وجنيفا	الولايات المتحدة الأمريكية ؟	١١	—و١	١٢
طشقند (روسيا)	٣٨	٢,٧	٠,٣	٣
فلورنسا (إيطاليا)	—	٨,٧	٣و٠٩	١١و٧٩
باربادوس	٦٤	١,٢	٣,٩	٥و١
منشوريا	٢١و٥	١٠,٣٧	٣,٢٢	١٣,٥٩
بيرادينيا (سيلان)	١٠٠	—	—	١٠
غانا	١٠٢	١,١٧	١,٨٢	٢,٩٩

ويتضح من الأرقام المدرجة فى الجدول رقم ١ والمناطق المناخية التى تمثلها محطات القياس ما يأتى :

(ا) ان كمية الأزوت التى تحملها مياه الأمطار لكل إيكر تتفاوت تفاوتاً كبيراً إذ تتراوح بين رطلين وخمسة عشر رطلا .

(ب) فى المناطق الحارة يكون الأزوت الموجود فى صورة أمونيا أعلى كمية من الأزوت الموجود فى صورة نترات .

(ح) أن الأزوت فى صورة أمونيا فى الأمطار الساقطة أثناء رياح تمر على اليابسة أعلى من الأزوت فى صورة نترات بخلاف الحال حين تسقط الأمطار فى أثناء رياح تمر على مياه البحر .

وتدل التحليلات الخاصة بتقدير الأزوت فى مياه الأمطار على أن الأزوت النشادرى يكون أعلى من الأزوت النتراتى صيفاً عنه فى الشتاء ، بينما تكون نسبة الأزوت النتراتى عالية نسبياً بعد ظواهر البرق والرعد .

وتجب الإشارة إلى أن المركبات الأزوتية التى يحملها ماء المطر ليست ناشئة كلها عن فعل الشرارات الكهربائية فى الجو ، ولكن بعض هذه المركبات يكون مصدره ما يتطاير من الأرض وبخاصة ما كان منه فى صورة أمونيا ، إذ أن غاز الأمونيا الذى يتصاعد من الأرض يمكن أن يذيبه ماء المطر ويعيده إلى الأرض من جديد .

ويتبين من متوسط ما تحمله مياه الأمطار من المركبات الأزوتية أن كميات الأزوت المضافة إلى الأرض ضئيلة نسبياً ولا تمثل إلا جزءاً صغيراً مما تحتاج إليه المحاصيل ، فضلا عما قد يسببه نزول المطر بكميات كبيرة من غسل المركبات الأزوتية السهلة الذوبان من الأرض وضياعها فى ماء الصرف . ولا شك أن ما يصل إلى الأراضى المصرية عن طريق الأمطار المباشرة ضئيل جداً أو يكون معدوما فى المناطق التى لا تنزل فيها الأمطار ، غير أننا لا يجب أن نهمل ما يحمله ماء النيل من المركبات الأزوتية ، لأنه ناشىء عن أمطار نزلت فى أعالى النيل والحبشة ، وفضلا عن ذلك فهو فى بعض أوقات السنة يكون محملا بروأسب وبقايا نباتات متحللة تحتوى على المركبات الأزوتية ، ولا توجد للأسف بيانات دقيقة عما تحتويه هذه المياه من الأزوت المثبت ، وعما يصل إلى الأرض من المركبات الأزوتية من هذا المصدر .

٢ — الأزوت المثبت بالطرق الحيوية

فى سنة ١٨٨٥ أشار برثيلوت Berthelot إلى أن للأرض قدرة على امتصاص الأزوت الجوى ، وأن هذا الأزوت يمكنه أن يتحد بالعناصر الأخرى وبخاصة الأكسوجين والايدروجين ، وعزى ذلك فى أول الأمر إلى تأثير التفريغ الكهربائى الصامت Silent Electrical Discharge ، ولكنه عدل وجهة نظره

عند ما وجدا أنه لا تحدث زيادة فى المركبات الأزوتية إذا حرقت الأرض ، وأصبح يعتقد أن عملية تثبيت الأزوت عملية حيوية ، وبذلك فسر نتائج لويس وجلبرت Lawes and Gilbert اللذين وجدا أن البقوليات لا تستطيع الإفادة من الأزوت الجوى عند ما أجريا تجاربهما فى أرض سبق حرقها .

وفى سنة ١٨٨٦ عقد فى برلين اجتماع ضم رجال البحث الكيمائى الزراعى من الالمان ، واستعرض هيلريجل H. Hellriegel نتائج تجاربه الخاصة ببحث مصادر الأزوت لتغذية النباتات ، ووصل إلى نتيجة هامة هى أن العقد الجذرية والكائنات الدقيقة التى تحتويها لها علاقة وثيقة بالتغذية الأزوتية للنباتات البقولية . وفى سبتمبر سنة ١٨٨٧ أشار ولفارث Wilfarth الذى كان يشتغل مع Hellriegel فى اجتماع عقد فى فيزبادن Wiesbaden إلى تجارب أخرى أكدت بما لا يدعو إلى الشك صحة النتائج التى وصل إليها هيلريجل ، مبيناً بوضوح أن عملية تثبيت الأزوت تتبع نمو البقوليات فى الاراضى التى لم تعقم ، وأنها متوقفة على وجود العقد الجذرية ، وقد أثبتت البحوث التى أجريت بعد ذلك على أنواع كثيرة من البقوليات وتحت ظروف مختلفة صحة هذه الآراء . وكان من نتيجة ذلك أن نتائج بحوث برثيلوت Berthelot قد توارت بعض الوقت ، ولكن اتضح فيما بعد أن الارض إذا تركت تحت ظروف معينة من الحرارة والرطوبة فإن الأزوت يتراكم فيها حتى لو لم تزرع بالبقوليات ، وكان الفضل لكل من فينوجرادسكى S. Winogradsky الروسى وبيجرنيك M, W. Beijernick الهولندى ، فقد تمكن Winogradsky من عزل بكتيريا كلستريديم باستوريانم Clostridium pastorianum فى سنة ١٨٩٥ وتمكن Beijernick من عزل ازوتوباكتر كروكوكم Azotobacter chroococcum سنة ١٩٠١ فى حالة نقية . وأثبتا أن لكل منهما القدرة على تثبيت الأزوت الجوى بكميات محسوسة فى مزارع نقية خالية من المركبات الأزوتية دون حاجة إلى وجود أى عائل بقولى ، كما أثبت كثير من العلماء وجود أنواع كثيرة من البكتيريا فى الارض الزراعية لها أيضاً القدرة على المعيشة المستقلة ، ويمكنها تثبيت الأزوت .

ومما تقدم نرى أن الأزوت الجوى يمكن أن يثبت حيوياً بإحدى طريقتين :

الأولى : بواسطة كائنات حية تعيش على جذور النباتات البقولية ، كالبرسيم والبسلة ، والفول ، والترمس ، وغيرها ، وهى ما تسمى بالبكتيريا العقدية .

الثانية : بواسطة كائنات حية تعيش معيشة مستقلة ، ومن أمثلتها الأزوتوباكتر والكلستريديم .

والبكتيريا العقدية تعيش معيشة تعاونية Symbiotic مع عائلها الذى يمدها بمصدر المجهود فى صورة مركبات كربوهيدراتية تمكنها من تثبيت الأزوت من الهواء الجوى وتحويله الى مركبات أزوتية يستفيد منها العائل . أما فى حالة الكائنات الحية التى تعيش معيشة مستقلة فإنها تؤكسد المواد الكربوهيدراتية الموجودة فى وسط النمو (بعض المواد العضوية فى الأرض) وتحصل على المجهود اللازم لتثبيت الأزوت من الهواء الجوى ، وفى هذه الحالة الأخيرة يتحول الأزوت الجوى إلى مركبات أزوتيه تبنى أجسام البكتيريا نفسها ولا يستفيد النبات من هذا الأزوت إلا إذا ماتت البكتيريا وانحلت أجسامها وتحلل البروتين الذى تكون فى جسم البكتيريا إلى مركبات أسهل منالا للنبات .

ولم تعرف بوضوح الخطوات العملية لتثبيت الأزوت الجوى بالطرق الحيوية سواء منها ما يتعلق بالكائنات الحية الدقيقة التى تعيش معيشة مستقلة ، وتلك التى تعيش على جذور النباتات البقولية ، ولكن توجد فروض ونظريات بنيت على أساس المركبات الأزوتية التى أمكنت معرفتها فى هذه الكائنات الحية ، أو وسط النمو الذى تعيش فيه ، وبنيت هذه الفروض على أساس تكوين المركبات المعقدة من المركبات الأقل تعقيداً من ناحية تركيبها الكيماوى ، وكما يتبين من (الشكل رقم ١) السابق يمكن ترتيب خطوات تثبيت الأزوت الجوى بواسطة الكائنات الدقيقة التى تعيش معيشة مستقلة فيما يلى :

أزوت جوى ← أمونيا ← أحماض أمينية وأميدات ← بروتينات .

بينما ترتب خطوات تثبيت الأزوت الجوى بواسطة بكتيريا العقد الجذرية فيما يلى :

أزوت جوى ← هيدروكسيلامين ← أحماض أمينية وأميدات ← بروتينات .

وإذا كانت بعض هذه الفروض يكتنفها شىء من الغموض ، ولا تفسر جميع الظواهر التى تصاحب عملية تثبيت الأزوت الجوى ، فإنه مما لاشك فيه أنها عمليات كيميائية شبيهة بتلك التى تجرى فى معامل الكيمياء مع فرق كبير جداً هو أن هذه التفاعلات الحيوية تجرى فى درجة الحرارة العادية والضغط الجوى الذى تعيش

فيه الكائنات الحية ، بينما التفاعلات الكيميائية التى تجرى فى المعامل والمصانع إنما تحدث بوسائل جبارة تستعمل فيها حرارة مرتفعة جداً وضغوط هائلة .

ومن الواجب أن نشير هنا إلى أن الغموض الذى يكتنف عمليات تثبيت الأزوت بالطرق الحيوية ليس هو الغموض الذى يستحيل إماطة اللثام عنه ، ولكنه غموض ما لم يعرف بعد ، وسيكون من الميسور بالوسائل العلمية الحديثة معرفته .

وكمية الأزوت التى تثبت سنوياً بواسطة البكتيريا كبيرة جداً إذا قيست بما يضاف إلى الأرض بالوسائل الأخرى ، بل إن كثيراً من الباحثين والعلماء يعتقدون أن بكتيريا تثبيت الأزوت هى التى صنعت الزراعة ، بل يمكن تعدى هذا إلى القول بأن بكتيريا تثبيت الأزوت هى التى جعلت حياة النبات ممكنة .

ولقد حاول كثير من الباحثين تقدير ما يحتويه الفدان من الأزوت عن طريق التثبيت الحيوى للأزوت ، ووضع بعضهم أرقاماً قد تصل إلى مائة رطل للفدان سنوياً ، وتدخل فى هذا التقدير كمية الأزوت التى تمثل فى النباتات البقولية ، والتى تزال من الأرض نتيجة استهلاك المحصول بعيداً عن الأرض ، ولكن هذه التقديرات تقريبية لا تبلغ فى دقتها ما هو معروف عن الوقف فى معظم العناصر المعدنية الأخرى التى يتغذى عليها النبات ، ففى حالة الفسفور مثلا يمكن تقدير الموجود منه فى الأرض وتقدير الكميات التى تستنفدها المحاصيل سنوياً من هذا العنصر ، ولكن المسألة تزداد تعقيداً فى حالة الأزوت لتدخل كثير من العوامل يمكن تلخيص أهمها فيما يلى :

١ - وجود كائنات حية دقيقة عديدة الأنواع يمكنها أن تثبت الأزوت ولكل نوع منها ظروف معينة تساعدها على تثبيت الأزوت ، وقد تكون هذه الظروف نفسها غير ملائمة لبعض الأنواع الأخرى .

٢ - شرط وجود عائل معين لكل نوع من البكتيريا العقدية ، وعندئذ تكون كمية الأزوت المثبتة متوقفة على صلاحية الأرض والجو لنمو هذا العائل ، ومدى ملاءمة الأرض لنمو البكتيريا الخاصة به من ناحية خواصها الطبيعية والكيماوية .

٣ - مدى توافر بعض المواد العضوية (وبخاصة المواد الكربوهيدراتية)

بصورة صالحة لأنواع البكتيريا التي تعيش معيشة مستقلة مثل بكتيريا الأزتوبا كتر وغيرها .

٤ ـ مدى وجود ونشاط الأنواع الأخرى من البكتيريا التي تستطيع تحويل المواد الكربوهيدراتية العديدة التسكر Polysaccharides كالسليلوز والهيميسليلوز وغيرهما إلى مواد بسيطة تتمكن بكتيريا تثبيت الأزوت من استعمالها للحصول على المجهود .

٥ ـ مدى نشاط التفاعلات الكيماوية التي تحدثها أنواع متعددة من البكتيريا في الأرض ، إذ قد ينشأ نتيجة لبعض التفاعلات الكيماوية التي تحدثها البكتيريا انفراد الأزوت كعنصر غازي ، كما في عملية عكس التأزت Dinitrification أو أكسدة الأمونيا Ammonia Oxidation أو تفاعل النتريت مع اليوريا عند رقم pH ٦ أو أقل وبذلك يتحول جزء من الأزوت المثبت إلى عنصر غازي لا يستفيد منه النبات إلا إذا ثبت من جديد .

٦ ـ احتمال تطاير بعض المركبات الأزوتية تحت ظروف خاصة كما يحدث للنشادر عند ارتفاع رقم pH عن ٧ وزيادة درجة الحرارة الجوية . ومثل هذا الفقد قد يعود جزء منه إلى الأرض نتيجة لإذابة الأمطار لهذا المركب . ولكنه يعتبر فقداً كاملا في المناطق الجافة التي لا تسقط فيها الأمطار .

ويترتب على هذه العوامل مجتمعة حدوث تبادل بين أزوت الهـــواء الجوي والمركبات الأزوتية الموجودة بالأرض ، ومن ثم يكون من الصعب حساب الميزان الأزوتي بين المحاصيل والأرض الزراعية .

ولنا أن نتساءل : إلى أي مدى نستطيع الإفادة من تثبيت الأزوت الجوي بالطرق الحيوية ، وهل من الممكن التحكم في عملية تثبيت الأزوت بالأرض الزراعية بحيث يسيطر المزارع على حياة البكتيريا في أرضه ليضمن توافر الأزوت الذي يحتاج إليه لإنتاج مختلف المحاصيل ، وهل يمكن حدوث ذلك بطرق اقتصادية رخيصة

وعند الإجابة على هـذه الأسئلة يجب أن نفرق بين الكائنات الحية الدقيقة المستقلة المعيشة Free Living Organisms وتلك التي تعيش معيشة تعـــاونية Symbiotic Bacteria فمي حالة الكائنات الحية الدقيقة المستقلة المعيشة نجد أن

أكثرها انتشاراً فى الأرض هما الأزوتوباكتر Azoto bacter والكلستريديم باستوريانم Clostridium Pastorianum ونجد أن ظروف معيشتهما مختلفة ، فبينما يناسب الأزوتوباكتر الظروف الهوائية والبيئة المتعادلة أو الحامضية الخفيفة جداً (رقم pH. ٦) حتى تكون نشيطة فى عملية تثبيت الأزوت ، فإن الكلستريديم تناسبها الظروف غير الهوائيـــة ، وأنها تميل إلى الوسط الحامضى لتكون فى أتم نشاطها فى تثبيت الأزوت .

ومن ذلك يتبين أن تهيئة الظروف لنشاط إحدى المجموعتين إنما هو فى الوقت نفسه تقليل لنشاط المجموعة الأخرى . ولما كانت الظروف الهوائية هى البيئة الصالحة لنمو النباتات كان من المحتم تشجيع الأزوتوباكتر دون الكلستريديم وذلك بتهوية الأرض ووجود كميات كبيرة من المادة العضوية ، وبخـــاصة الكربوهيدرات وتوافر الكالسيوم والفسفور بكمية كبيرة وفى صورة صالحة ورطوبة مناسبة . ويمكن ذلك بالصرف الجيد وإضافة المادة العضوية بكمية كبيرة عن طريق حرث مخلفات المحاصيل فى الأرض والتسميد بالأسمدة الفوسفاتية ومعادلة الحموضة إن وجدت بإضافة الجير . وهذه البكتيريا شرهة للفوسفات الذائب لدرجة أن كمية الفوسفات الذائبة فى الأرض يمكن تقديرها بقياس نمو هذه البكتيريا ونشاطها (مثل هذه الظروف لا تمنع نشاط الكلستريديم منعاً تاماً ، إذ ليس من الضرورى ان يتم تثبيت الأزوت بواسطة الكلستريديم فى أرض غدقة ، ولكن يكفى أن تكون بالأرض نسبة كافية من الطين لتكوين حبيبات مندمجة يقل الاكسجين فى مسافاتها البينية ، وبذلك يمكن للكلستريديم أن تعمل أيضاً) .

وقد أجريت عدة محاولات لزيادة كمية الأزوت المثبتة بواسطة الازوتوباكتر عن طريق تلقيح الأرض بهذه البكتيريا ، ولكن هذه المحاولات لم تؤد إلى نجاح يذكر إلا بتهيئة الظروف السالفة الذكر ، وعندما تتهيأ هذه الظروف لا تكون هناك أية حاجة لعملية التلقيح بالأزوتوباكتر ، لانهـــا منتشرة انتشاراً كبيراً فى الأراضى الزراعية .

وقد قدرت كمية الازوت التى يمكن تثبيتها فى الفدان نتيجة لفعل الازوتوباكتر فوجد أنها تتراوح بين ٥ و ١٥ كيلو جراماً أى ما يعادل ٣٥ - ٧٥ كيلو جراماً من سلفات النشادر .

ويجب أن نشير إلى ما وجده الباحثون من أن الأزوتوباكتر تستهلك نحو ١٠٠ كيلوجرام من المواد الكربوهيدراتية لتثبيت كيلوجرام واحد من الازوت، ومعنى ذلك أنه لكى تثبت البكتيريا ١٥ كيلوجراماً من الأزوت فإنها تحتاج إلى ١٥٠٠ ك ج من المركبات الكربوهيدراتيـــة السهلة الذوبان . وهذه الكمية تنتج من كميات أكبر من المواد العضوية التى تضاف إلى الأرض، وهى مسألة بالغة الاهمية فى مثل أراضينا المصرية ، إذ أننا فى حاجة إلى زيادة المواد العضوية بها . وتهيئة الظروف لتستطيع الازوتوباكتر تثبيت أقصى ما يمكن من الأزوت معناه استهلاك كمية كبيرة من المواد العضوية ، ولذلك تعتبر هذه العملية غالية الثمن . كثيرة الكلفة إذا ما قيست بالطرق الأخرى لتثبيت الأزوت .

أما فى حالة تثبيت الأزوت بواسطة بكتريا العقد الجذرية فإنهـــا تعتبر من الوجهة الزراعية أهم مصدر لتثبيت الأزوت الجوى بالطرق الحيوية . ويمكن القول بصفة عامة أن زراعة البقوليات تعتبر بمثابة زراعة الأزوت Nitrogen Growing هذا الأزوت الذى تثبته العقد الجذرية ، وتمكن الإفادة منه بإحدى الطرق الآتية :

١ — الحصول على النبات البقولى نفسه كمحصول تكون الغالبية العظمى من محتوياته الأزوتية راجعة إلى ما تثبته العقد الجذرية .

٢ — إفرازات من الجذور إلى الأرض حيث يستفيد منها نبات غير بقولى يزرع مع النباتات البقولية فى نفس الحقل .

٣ — زيادة الأزوت بالأرض نتيجة حرث النبات البقولى بعد نموه لفترة معينة فى الأرض ، كما فى التسميد الأخضر ، أو حرث الأجزاء التى لا يمكن بيعها كالجذور بصفة عامة أو السوق والأوراق التى لا تتغذى عليها الماشية .

ومن الممكن عندئذ التحكم فى كمية الأزوت المثبتة تبعاً لطرق الإفادة المشار إليها بالوسائل الآتية :

١ — زراعة النبات البقولى المناسب للأرض والمناخ ، فكمية الأزوت التى تثبت بزراعة محصول لا تلائمه أرض طينية ثقيلة تكون أقل مما يثبته نفس المحصول فى أرض طميية أكثر ملاءمة له .

٢ — تلقيح البذور بسلالات نشيطة من البكتريا الخاصـــة بكل محصول ،

إذ أن هـــذه الطريقة تؤدى إلى تكوين عقد تحتوى على بكتيريا أكثر كفاءة فى تثبيت الأزوت وبذلك ينمو النبات نمواً جيداً ، وهذا يؤدى بالتالى إلى مد البكتيريا بكمية أوفر من المواد التى تستعملها كمصدر للطاقة ، وهكذا . . .

٣ — تلقيح الأراضى التى تزرع لأول مرة بمحصول بقولى لم تسبق زراعته فيها بالبكتيريا الخاصة بهذا المحصول .

٤ — تهيئة الظروف الملائمة فى الأرض لنشاط البكتيريا العقدية كالتهوية ودرجة الحرارة ، وتأثير الأرض من ناحية الحموضة والقلوية .

٥ — توافر العناصر الغذائية وبخاصة الكالسيوم والفسفور والموليبدين .

٦ — منع نمو الكائنات الحيـــة الدقيقة الأخرى ذات التأثير المضـــاد Antagonistic Action للبكتيريا العقدية .

٧ — إعادة تلقيح الأرض بسلالات نشطة من البكتيريا على فترات معقولة . فقد شوهد أن العقد قد تتكون على جذور النباتات البقولية ، ولكن لا تكون لها القدرة على تثبيت الأزوت وإعادة تلقيح الأرض بسلالات نشطة تقلل من حدوث هذه الظاهرة .

٨ — منع تأثير البكتريوفاج التى تهاجم البكتيريا العقدية وتجعلها غير فعالة فى تثبيت الأزوت .

وتتراوح الكمية من الأزوت التى تثبتها بكتيريا العقد الجذرية بين ٢٥ و ٧٠ كج أزوت للفدان سنوياً أى ما يعادل ١٢٥ كج ، ٣٥٠ كج سلفات نشادر على التوالى ، وقد تزيد الكمية المثبتة من الأزوت عن ذلك إذا نما النبات البقولى نمواً جيداً كما فى البرسيم الذى تؤخذ منه أكثر من ثلاث حشات فى العام .

وكما تتوقف كمية الأزوت التى تضاف إلى الأرض على نوع النبات البقولى وطبيعة نمو الجذور فيه ومدة بقائها فى الأرض فى حالة نشطة وفترة نشـــاط البكتيريا العقدية على هذه الجذور ، فإنها تتوقف أيضاً على طريقة استهلاك المحصول ، فإذا كان المحصول البقولى سيقلب فى الأرض كسماد أخضر فإن جميع الأزوت المثبت سيضاف إليها ، وإذا استمر المحصول حتى النضج ثم حصد واستهلك بعيداً عن الأرض التى نما عليها ، فإن كمية الأزوت التى تضاف إلى

الأرض تكون قليلة أو تكاد تكون معدومة . وفى بعض البقوليات يحدث نقص فى أزوت الأرض (ذلك لأن النباتات البقولية تمتص النترات والأمونيوم من الأرض إلى جانب ماتستفيد به من الأزوت المثبت بواسطة البكتيريا العقدية ، وقد وجد أنه عندما يكون ميزان الأزوت متعادلا قبل زراعة البقول وبعدها ، يكون الأزوت المتخلف فى الجذور وما قد يضاف إلى الأرض من بقايا السوق والأوراق مساوياً لكمية الأزوت التى امتصها النبات من الارض على صورة نترات أو أمونيوم ، ويكون الأزوت الذى تجمع فى البذور يساوى ماتثبته بكتيريا العقد الجذرية) .

أما إذا استعمل المحصول لتغذية الماشية فى المزرعة نفسها فإن نحو نصف الأزوت المثبت يمكن أن يعود إلى الأرض إذا بذلت العناية الكافية فى تحضير السماد الناتج من الحيوانات بحيث يقل الفقد فى الأزوت إلى أدنى حد ممكن ، وبطبيعة الحال يدخل النصف الآخر فى بناء أنسجة الماشية النامية ، وكذلك فى إنتاج اللبن والبيض والصوف الخ . . . .

وبمقارنة ما تستهلكه البكتيريا العقدية من المواد الكربوهيدراتية من العائل لتثبيت الأزوت بما تستهلكه بكتيريا الأزوتوباكتر نرى أن البكتيريا العقدية تحتاج إلى ١٥ كج من المواد الكربوهيدراتية لكى تثبت ١ كج أزوت بينما تحتاج بكتيريا الأزوتوباكتر إلى ١٠٠ كج من المواد الكربوهيدراتية لتثبيت نفس المقدار من الأزوت ، وبينما تؤدى بكتيريا الازوتوباكتر إلى نقص فى كمية المادة العضوية بالأرض فإن زراعة النباتات البقولية تعتبر وسيلة من وسائل زيادة المادة العضوية فى الأرض .

ومن وسائل تثبيت الأزوت بالطرق الحيوية الطحالب الخضراء المزرقة Green Blue Algae ، فهذه الطحالب تستطيع تثبيت الأزوت الجوى فضلا عن قدرتها على التمثيل الكلوروفيلى . وهى بذلك تختلف عن البكتيريا التى تعيش مستقلة والتى تستمد مجهودها من كربوهيدرات المادة العضوية فى الارض كما تختلف عن بكتيريا العقد الجذرية التى تعتمد على العائل فى الحصول على المجهود ، فهذه الطحالب تمثل ثانى أكسيد الكربون للحصول على الكربوهيدرات ، شأنها فى ذلك شأن النباتات الراقية ، ولكنها تستخدم طاقتها فى تثبيت الأزوت الجوى . وهذه الطحالب كثيرة الانتشار فى المناطق الحارة وترجع أهميتها إلى وجودها بكثرة

فى الماء العذب Fresh Water وإمكانها تثبيت الأزوت فى وجود الماء ، وهى لهذا السبب تحتل أهمية كبيرة فى حقول الأرز ، ففى الهند تمكن زراعة الأرز سنة بعد أخرى دون إضافة أسمدة أزوتية اعتماداً على ما تثبته الطحالب الخضراء المزرقة .

وتتبين أهمية تثبيت الأزوت بالطرق الحيوية مما كتبه Lipman عن الميزان الأزوتى فى أراضى الولايات المتحدة الامريكية سنة ١٩٣٦ إذ قدر ما امتص من الأزوت بواسطة المحاصيل المختلفة بنحو ٢٣ مليون طن يقابلها ١٦ مليون طن أزوت أضيفت إلى الأرض أى بنقص نحو ٧ ملايين طن من هذا العنصر . وكان مقدار ما أضيف إلى الأرض من الأزوت عن طريق التثبيت الحيوى للأزوت الجوى يساوى ١٠ ملايين طن ، بينما كان مقدار ما أضيف إلى الأرض من أزوت سماد الاصطبل والأسمدة الصناعية نحو ٣ ملايين طن فقط .

وتدل هذه الإحصاءات على أن الموقف خطير بالنسبة للميزان الأزوتى السالب ، ولولا ما قامت به عوامل التثبيت الحيوى للأزوت الجوى لكانت الحالة أقرب إلى الكارثة بالنسبة لافتقار الأرض تدريجياً إلى عنصر الأزوت ، وليس هناك أى دليل على أن المناطق الأخرى أسعد حالا من الولايات المتحدة الأمريكية . والمنتظر عندئذ أن يزيد افتقار الأرض إلى الأزوت سنة بعد أخرى ، وبالتالى أن ينقص الإنتاج ما لم تهيأ الوسائل لتعويض النقص فى هذا العنصر .

٣ — الأسمدة العمومية

(١) سماد الاصطبل

يعتبر سماد الاصطبل من أهم مصادر الأزوت للزراعة ، وهو يلى فى أهميته بالنسبة لهذا العنصر عمليات التثبيت الحيوى للأزوت الجوى ، إذ أن ما يضاف من الأزوت إلى الأرض فى سماد الاصطبل يفوق كل ما يضاف اليها من أى مصدر آخر ، حقيقة إن ما يستعمل منه فى العالم يقدر بملايين الأطنان ، إلا أن هذه المقادير تعتبر أقل بكثير مما يجب أن يكون عليه الموقف لو بذلت له من العناية بجمعه وحفظه وتوزيعه ما تستحقه ، ولا ترجع أهمية هذا السماد إلى محتوياته

من الأزوت فقط ، بل إنه يحتوى على جميع العناصر الغذائية التى يحتاج إليها النبات ، لأنه مكون من إفرازات الحيوانات ومن القش ، وجميعهـــا من أصل نباتى أتم نموه قبل استعماله كغذاء للحيوان ، وهو يحتوى فضلا عن ذلك على المادة العضوية ومنشطات النمو Growth regulating substances

ولو استعملت إفرازات الحيوانات جميعا مع المخلفات النباتية التى تمتص هذه الإفرازات لعاد إلى الارض مايقرب من نصف ما تغذى عليه الحيوان من المركبات الأزوتية (بفرض أن الأزوت الباقى يبنى أجسام الحيوانات النامية ، ويدخل فى إنتاج اللبن والبيض والصوف .... الخ) . ولكن هناك من العوامل ما يقلل من كمية الأزوت المستفادة من إفرازات الحيوانات ، وأهم هذه العوامل ما يأتى :

١ — فقد فى كمية الإفرازات الحيوانية وعدم إمكان جمعها كلها .

٢ — فقد فى الأزوت عند تحضير سماد الاصطبل أو بعد تحضيره .

٣ — فقد فى الأزوت عند عدم العناية بتوزيعه فى الأرض .

فأما الفقد فى كمية الافرازات الحيوانية فإن أكثر من نصف هذه الافرازات يسقط على الأرض فى أثناء الرعى ، وهذا وإن كان لا يعتبر فقداً كاملا فإن من المحتمل أن يكون الفقد فى الأزوت الذى يحتويه هذا الجزء كبيراً نتيجة للتبخير والتخمر وسوء التوزيع .

أما الفقد فى الأزوت عند تحضير سماد الاصطبل أو بعد تحضيره فأغلبه فى السماد السائل ، إذ أن البول وهو أغنى محتويات سماد الاصطبل بالعناصر الغذائية للنبات يمكن أن يتسرب جزء كبير منه إذا لم يوضع من القش أو التراب ما يكفى لامتصاصه ، وكذلك يمكن أن يتسرب خلال أرضية الاصطبل أو يتسرب من كومات السماد ، ويفقد هذا الجزء نفقد جزءاً كبيراً من الأزوت الذائب الصالح لتغذية النبات . ولما كان أكثر الأزوت فى البول مكونا من اليوريا وحمض الهيبوريك Hippuric acid وحمض اليوريك فإن هذه المركبات وإن كانت غير قابلة للتطاير فى درجة الحرارة العادية حتى ولو جفف البول فإنها عندما تتوافر الحرارة والرطوبة المناسبة يمكن للبكتيريا أن تؤثر فيها بسرعة وتحولها إلى كربونات الامونيوم وهذه يمكن تحللها حتى على درجة الحرارة العادية ، وبذلك تفقد الأمونيا تدريجياً ويزيد الفقد فى الأمونيا كلما ارتفعت درجة الحرارة ، وهذه التفاعلات تخلق

المشاكل الأساسية فى تحضير وحفظ سماد الاصطبل ، أما أزوت الروث فإنه موجود على الصور الآتية :

(ا) بعض المركبات الأزوتية غير البروتينية كالأميدات والأحماض الأمينية التى لم تمتص ، وهذه يمكن أن تتحول بسهولة إلى مواد صالحة لتغذية النبات فى الأرض أو كومة السماد .

(ب) مواد بروتينية قاومت فعل العصارة الهضمية وبكتيريا الأمعاء ، وبذلك تكون مقاومة لأى تأثير بيلوجى فى كومة السماد أو فى الأرض ، ويصعب عندئذ تحويل هذه البروتينات إلى صورة صالحة للنبات .

(ح) بروتينات الكائنات الحية الدقيقة التى تكونت فى كرش الحيوان من البكتريا الحية والميتة ، وهذه تحتوى على ما يتراوح بين ½ و ⅔ الأزوت الموجود فى الروث ، وهذا البروتين سهل التحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة فى الأرض ، ويمكن أن يتحول إلى صورة صالحة للنبات بنفس السهولة التى يتحول بها بروتين الأسمدة العضوية ككسب بذرة القطن والدم المجفف .

ولما كان الروث يحتوى على نسبة عالية من اللجنين الخالى من السليلوز والهميسليلوز نتيجة لعملية الهضم فإن اللجنين يتحد مع البروتينات لتكوين لجنو بروتين Ligno Protein يصعب تحليلها فى كومة السماد أو فى الأرض ، وتكون غير سهلة المنال للنبات .

ويتبين من ذلك أن أزوت الروث أقل عرضة للفقد من أزوت البول ، وتتلخص وسائل الفقد عامة فيما يلى :

١ — الفقد بالتسرب : كثيراً ما يحدث أن ينقل السماد من الاصطبل ويترك خارجه دون حماية له من المطر ، وبذلك يتعرض لإذابة جزء كبير من محتوياته الأزوتية بسبب المطر وتسربه إلى الأرض دون أن يستفاد به ، ويكون الفقد أكثر كلما كانت كومات السماد صغيرة مفككة ومعرضة للجو ، وليس هناك أى عذر مقبول لمثل هذا الإهمال .

ولما كان السماد يظل نحو ستة أشهر قبل استعماله فإن الفقد فيه يكون كبيراً ، وكثيراً ما يزيد عن نصف ما يحتويه من العناصر الغذائية ويتوقف ذلك على كمية المطر ، وعلى حالة الكومة نفسها .

ولما كانت المواد المتسربة من الكومة هى أكثر المواد ذوباناً ، فمعنى ذلك أن الفقد يكون أغلبه فى المركبات السهلة المنال للنبات ، وهذا الفقد ليس قاصراً على محتويات البول ، ولكنه يتناول أيضاً بعض محتويات الروث .

٢ — الفقد بالتطاير : يقتصر الفقد بالتطاير من السماد على المركبات الأزوتية إذ تتحول اليوريا وبعض المركبات الاخرى إلى أمونيا ، وفى المراحل الاولى لتحلل السماد تكون الامونيا موجودة فى صورة كربونات الامونيوم وبيكربونات الامونيوم ، وهذه المركبات قليلة الثبات ، إذ سرعان ما تتبخر الامونيا ويزداد الفقد بزيادة تكوين كربونات الأمونيوم ، وبازدياد درجة الحرارة ، وهذا ما يحدث عادة فى حالة التحلل فى كومة السماد المفككة حيث تكون الظروف ملائمة من تهوية ورطوبة ، ويزداد الفقد بالتطاير أيضاً بحركة الرياح ، فالسماد الذى يترك ليجف فى الهواء تفقد كمية كبيرة من محتوياته الأزوتية عن طريق تطاير النشادر ، وهذا يفسر الفقد فى الأزوت إذا نثر السماد على الأرض قبل حرثه فيها بوقت طويل .

وللمحافظة على الأزوت فى السماد يجب استعمال القش كفرشة لامتصاص البول وحفظ العناصر الغذائية للنبات ، ولسهولة نقله من الاصطبل إلى الكومة وزيادة المادة العضوية ، والعناية بخزن السماد ، وذلك بمراعاة اندماج الكومة وبقائها غير جافة وغير رطبة (أى محتفظة برطوبة مناسبة) وبحيث تكون مغطاة بعيدة عن المطر والرياح الشديدة ، كما يجب حفظها من أى اضطراب يؤدى إلى زيادة التهوية فيها ، كما تمكن حفظ الأمونيا من التطاير من كومة السماد بإضافة بعض المركبات التى تتحد معها مثل حامض الفسفوريك أو حامض الكبريتيك كما تمكن إضافة كبريتات الكالسيوم أو السوبرفوسفات لنفس الغرض ، وزيادة فى الحيطة يجب أن ينثر السماد ويحرث بأسرع ما يمكن حتى لا يتعرض للجفاف ، وبالتالى لنقص الأزوت .

(ب) سماد القمامة

تستوجب معيشة الناس فى المدن التخلص من فضلاتهم المنزلية بوضعها فى صناديق القمامة . وهذه توضع مع المواد التى تجمع من تنظيف الشوارع فى أماكن خاصة بعيدة عن المدن ، وكثيراً ما يتخلص منها بالحريق حتى لا تكون مصدراً لانتشار الحشرات الناقلة للأمراض ، فضلا عما ينشأ عن تخمرها من روائح كريهة .

ولاشك أن التخلص بالحريق من هذه القمامة خسارة كبيرة . لما تحتوى عليه من المادة العضوية وما يدخل فى تكوينها من الأزوت الذى يوجد فيها بنسبة تقرب من نسبته فى سماد الاصطبل . ولا يمكن استعمال القمامة كسماد مباشرة ، لإحتوائها على مقادير غير قليلة عديمة القيمة السمادية مثل الزجاج ، والحديد ، والحجارة وغيرها مما قد تسبب ضرراً كبيراً لحيوانات المزرعة وعمالها . فضلا عن أن النتائج التى أجريت على استعمال القمامة كما هى أثبتت أن الاستفادة من الأزوت أقل بكثير من الاستفادة من أزوت سماد الاصطبل . ولكن مما لا شك فيه أن لها أثراً باقياً Residual Effect يمكن للمحاصيل التى تزرع فى السنوات التالية الاستفادة منه .

أما إذا جهزت هذه القمامة بحيث أزيل منها الزجاج والحديد والحجارة وأجريت عليها عمليات التخمر فإن سماد القمامة يمكن أن يرقى إلى سماد الاصطبل المتداول بين المزارعين فى الوقت الحاضر . ولو استعملت هذه القمامة لامتصاص المواد البرازية للإنسان أو خلطت بها مخلفات المذابح وغيرها لزادت كمية الأزوت فى السماد وأصبح أكثر فائدة للإنتاج الزراعى ، أما التخلص من هذه القمامة بالحريق فهذا معناه فقد الأزوت المثبت وفقد المادة العضوية فقداً كاملا .

(ح) افرازات الانسان

لما كانت عملية الهضم فى الإنسان لا تختلف كثيراً فى أسسها عن مثيلاتها فى الحيوان فإن الأزوت بعد بناء جسم الإنسان يفرز فى البول والبراز ، ويوجد الأزوت فى بول وبراز الإنسان فى نفس الصور تقريباً التى توجد فى بول وروث الحيوانات على التوالى .

ولقد رأينا أن جزءاً كبيراً من العناصر الغذائية (منها الأزوت) التى امتصها النبات يعود إلى الأرض عن طريق سماد الاصطبل عندما تتغذى الحيوانات على هذه النباتات ، وبالمثل يمكن الاستفادة مما يتخلف عن الإنسان بإعادة فضلاته إلى الأرض . وكما تتوقف كميات سماد الاصطبل على عدد الحيوانات وأحجامها ، فإن ما يمكن جمعه من إفرازات الإنسان يتوقف على عدد السكان مع فارق هام جداً هو أن الإنسان يتغذى على أغذية مركزة نوعاً بالنسبة للأزوت ، إذ أنه فضلا عن المحاصيل النباتية كالقمح والذرة يستهلك أيضاً منتجات حيوانية كاللحم والبيض واللبن . . . الخ . وكذلك السمك من غير حيوانات المزرعة .

وما يقال عن الفقد فى سماد الاصطبل يمكن أن ينطبق على إفرازات الإنسان سواء فى وسائل الجمع أو فى عمليات التخمر والتحلل .

ومن السهل جمع أغلب إفرازات الإنسان فى الأماكن غير المزدحمة بالسكان كالقرى ، بل إنه يمكن جمع جزء كبير من هذه الإفرازات وإضافته إلى كومة سماد الاصطبل ، أو استعمال القش لامتصاص هذه الإفرازات وإنضاجها بنفس الطرق المستعملة فى سماد الاصطبل ، وفى هذه الحالات تكون ظروف الفقد فى الأزوت من هذه الإفرازات مماثلة لما يحدث فى سماد الاصطبل سواء أكان من ناحية جمعه أم من ناحية الفقد بالتخمر والتحلل .

ويختلف الموقف فى حالة المدن الآهلة بالسكان اختلافاً تاماً حيث توجد عدة وسائل للتخلص من إفرازات الإنسان ، ففى بعض مدن الصين تجمع المواد البرازية وتعبأ فى خزانات (براميل خاصة) حيث تحفظ وتحدث فيها عمليات التخمر ثم تسمد بها الأراضى المجاورة للمدن ، وتسمى المواد البرازية المحفوظة بهذه الطريقة Night Soils وتعتبر هذه الطريقة مصدر خطر كبير ، إذ أن هذه الفضلات تكون بيئة خصبة لانتشار الأمراض ، وكثيراً ما تشجع هذه الطريقة على إتمام دورة حياة بعض الطفيليات المسببة للأمراض المزمنة . فضلا عن بعض الامراض الوبائية ، ولا يمكن أن ينصح باتباعها محافظة على الصحة العامة . وفى كثير من المدن يكون التخلص من هذه الفضلات مصحوباً بفقد كبير جداً فى مكونات هذه الإفرازات ، فهذه الفضلات ، تصرف فى المجارى مع الماء المستعمل بالمنازل والمصانع ، وكذلك الماء المنصرف من الشوارع بعد الأمطار ، وهذه المياه تؤدى إلى تخفيف إفرازات الإنسان وكبر حجمها فلا يمكن حفظها أو جمعها . ولهذا فإنها تصرف فى الأنهار أو البحار بالبلاد الواقعة على نهر أو شاطىء بحر ، أو فى برك معدة لذلك . وفى حالة صرف هذه المواد إلى الأنهار تتأكسد جميعها وتفقد الغالبية العظمى من الأزوت ولا يعود منها إلى الأرض إلا ما يتبقى فيما ينقل من النهر إلى الأرض عن طريق ماء الرى . أما فى حالة صرفها إلى البحر فإن الفقد يكون أكبر ، بل يكاد يكون تاماً من ناحية الاستفادة به فى الزراعة ، وهذا النظام قائم فى مدينة الاسكندرية حيث تصرف فضلات المدينة فى البحر .

وفى بعض المدن الأخرى يتم ترسيب المواد الصلبة فى أحواض خاصة ، وهذه

يمكن تجفيفها واستعمالها كسماد مجفف . وأما الأجزاء السائلة فيمكن استعمالها لري مساحات من الأراضي تتناسب مع كميات السوائل المتجمعة ، وهذا هو ما يحدث في مدينة القاهرة ، إذ تحضر المواد الصلبة في صورة سماد عضوي يسمى البودريت ، وأما السوائل فتروى بها مزرعة الجبل الأصفر ، وبهذه الطريقة يمكن حفظ جزء من الأزوت وإن كان قليلا نوعاً إلا أنه أكثر مما يحفظ بأية طريقة أخرى .

٤ — المخلفات العضوية المحتوية على نسبة مرتفعة من الأزوت

(أ) المخلفات العضوية الطبيعية «الجوانو»

تتكون أغلب هذه المتخلفات من إفرازات الطيور البحرية . ومن أمثلتها الجوانو Guano وقد أطلق عليه هذا الاسم تبعاً للكلمة الاسبانية Huano بمعنى « روث » ومنذ أزمنة قديمة تراكمت هذه الإفرازات سنة بعد أخرى حيث لا يسقط إلا قليل من المطر مع وجود جو حار نوعاً « شواطىء بيرو على خط ٢٧ جنوب خط الاستواء » ويعتبر جوانو بيرو أول نوع كانت له أهمية تجارية ولكن أمكن استغلال الجوانو في كثير من المناطق المشابهة التي تكثر فيها الطيور وتحذو حذو بيرو . وأول استعماله كان في أوربا سنة ١٨٤٠ حيث وصلت أول شحنة إلى ليفربول ، ومنذ ذلك الوقت زاد الاقبال عليه زيادة كبيرة ، حتى أنه في سنة ١٨٤٤ كان عدد السفن المجتمعة حول بيرو لشحن الجوانو حوالي نحو ٣٠٠ سفينة ، وبلغ المستهلك في بريطانيا سنة ١٨٤٥ من هذا السماد نحو ٢٨٣,٠٠٠ طن

وقد حاولت إحدى البعثات التي أرسلت حديثاً إلى مناطق وجود الجوانو تقدير كميته ، ودلت تقارير هذه البعثة على أن الطيور لا تقصد هذه الأماكن بكثرة إلا في مواسم التفريخ حيث تتغذى صغارها على السمك الذي تحمله الطيور الكبيرة من البحر ، والكميات التي تتكون سنوياً تبلغ نحو عشرة آلاف طن .

ويوجد الجوانو أيضاً في الجنوب الغربي من أفريقيا ، ولكنه لا يكفي لغير الاستهلاك المحلي لفقر الأرض في هذه الجهات إلى الفوسفات .

وكمية الأزوت بالجوانو تختلف بحسب عمر تكوينه ، فالحديث منه تكون نسبة الأزوت فيه عالية ، أما القديم منه فقد لا يحتوي إلا على فوسفات الكالسيوم ،

ذلك لأن الطيور تتغذى على أغذية مركزة هى السمك ، وعندئذ تكون الإفرازات غنية جداً بالأزوت إذ تتراوح نسبة الأزوت بين ١٥ و ١٨ ٪ ولكن لما كانت هذه المركبات الأزوتية أكثرها حمض اليوريك Uric acid وهذا يتحول إلى يوريا ثم إلى كربونات أمونيوم سريعة التحلل ، كان من المنتظر أن تتناقص نسبة الأزوت كلما كان السماد أكثر قدماً .

(ب) المخلفات الصناعية النباتية أو الحيوانية

يتخلف عن كثير من الصناعات النباتية أو الحيوانية الكثير من المواد التى تحتوى على نسبة عالية من الأزوت مثل مخلفات صناعة استخراج الزيوت النباتية كالكسب « كسب بذرة القطن ، والكتان ، والفول السودانى والسمسم .. إلخ » وكذلك مخلفات صناعة حفظ اللحوم ، والأسماك ، ومخلفات المذابح واللحم المجفف ، وصناعة نسيج الصوف والحرير ، وصناعة دباغة الجلود ، وغير ذلك . ومن الممكن الإفادة من أزوت هذه المواد إذا استعملت هذه المخلفات كسماد .

ويظهر أن استعمال بعض هذه المخلفات كان منتشراً منذ زمن بعيد ، لأن المستوطنين الأوائل لأمريكا لاحظوا أن الهنود يضعون قليلا من مسحوق السمك المجفف بجوار نبات الذرة ، ولا يزال بعض المزارعين فى كندا فى وادى نهر لورنس St. Lawrence River يستعملون السمك كسماد ، وكذلك توضع مخلفات مصانع حفظ الأسماك ومصانع زيت السمك فى المخاليط السمادية المتداولة فى الأسواق .

كما يستعمل كسب بذرة القطن والخروع وغيرهما من مخلفات صناعة الزيوت النباتية فى التسميد ، ولكن بعض هذه المخلفات الصناعية أخذت أهميتها تزداد فى ناحية أو أخرى من النواحى الصناعية أو فى تغذية الحيوان ، وبذلك أضحى استعمالها كسماد متوقفاً على ما يتبقى منها بعد سد حاجة الصناعات التى قامت على هذه المخلفات أو بعد سد الحاجة فى تغذية الحيوان ، وبطبيعة الحال كان الاستغلال الاقتصادى لهذه المخلفات هو الذى يتحكم فى استعمالها للتسميد .

(بقية هذا المقال ننشرها فى العدد التالى)